



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10229047 A**(43) Date of publication of application: **25.08.98**

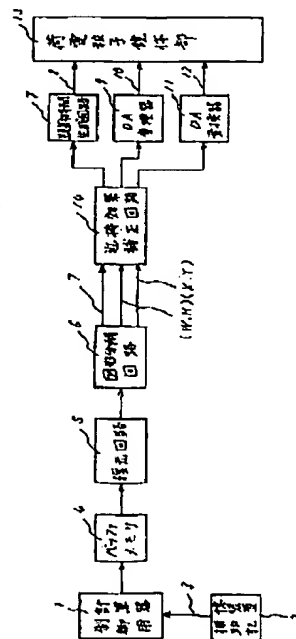
(51) Int. Cl.

**H01L 21/027****G03F 7/20****G03F 7/20**(21) Application number: **10082338**(22) Date of filing: **30.03.98**(62) Division of application: **07328580**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor: **YODA HARUO  
MURAI FUMIO****(54) METHOD AND APPARATUS FOR CHARGED PARTICLE BEAM LITHOGRAPHY****(57) Abstract:**

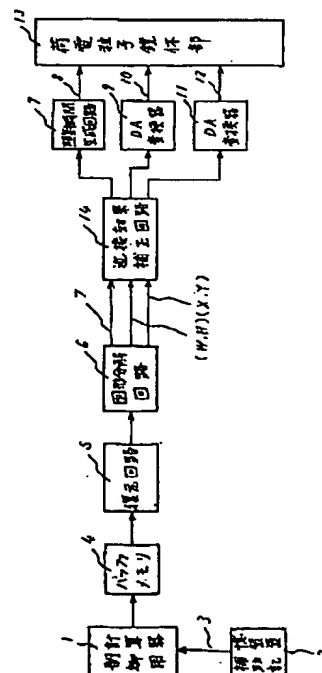
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to draw a hyperfine pattern at high speed by providing an amount-of-exposure calculating process wherein an amount of exposure is calculated and stored for each divided partial region, and a drawing process wherein, when a pattern is drawn, proximity effect correction is performed for exposure time.

**SOLUTION:** Drawn pattern data 3, input from the auxiliary storage device 2 of a computer 1 for control, is stored in high-speed buffer memory 4 and read out at high speed in drawing. The compressed data is returned to independent basic graphics data through a restoring circuit 5. The basic graphics is decomposed into a group of rectangular data in size which can be exposed at a time, through a graphics decomposing circuit 6. This output comprises vertical and horizontal dimensions (H, W) and positional coordinates (X, Y) of signal rectangular graphics indicating a particle beam irradiation time. A proximity effect correction circuit 14 is placed after the graphics decomposing circuit 6 to calculate an amount of exposure and vary irradiation time. Since this correction is performed on the basis of microminiature rectangular data, quality is exceptionally enhanced and fine patterns are possible.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(11)特許出願公開番号



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】描画するに先立って、基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を計算して記憶手段に記憶させる露光量計算工程と、

描画する際、前記露光量計算工程において記憶された記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で露光時間について近接効果補正を行い、該補正された露光時間の間成形荷電粒子線ビームを照射して描画図形を描画する描画工程とを有することを特徴とする荷電粒子線描画方法。

【請求項2】描画するに先立って、圧縮された描画パターンデータを基本描画図形データに復元し、該復元された基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を計算して記憶手段に記憶させる露光量計算工程と、

描画する際、前記露光量計算工程において記憶された記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で露光時間について近接効果補正を行い、該補正された露光時間の間成形荷電粒子線ビームを照射して描画図形を描画する描画工程とを有することを特徴とする荷電粒子線描画方法。

【請求項3】描画するに先立って、基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を計算して記憶手段に記憶させる露光量計算手段と、

描画する際、前記露光量計算手段の記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で露光時間について近接効果補正を行い、該補正された露光時間の間成形荷電粒子線ビームを照射して描画図形を描画する制御部を含む荷電粒子線描画光学系とを備えたことを特徴とする荷電粒子線描画装置。

【請求項4】描画するに先立って、圧縮された描画パターンデータを基本描画図形データに復元し、該復元された基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を計算して記憶手段に記憶させる露光量計算手段と、

描画する際、前記露光量計算手段の記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で露光時間について近接効果補正を行い、該補正された露光時間の間成形荷電粒子線ビームを照射して描画図形を描画する制御部を含む荷電粒子線描画光学系とを備えたことを特徴とする荷電粒子線描画装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、荷電粒子線によって極微細なパターンを描画する荷電粒子線描画装置に関するものであり、特に、極めて集積度の高い半導体集積回路の製造に好適な荷電粒子線描画方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の回路パターンの微細化は留まることを知らず、その微細なパターンの形成には、より解像力の高い荷電粒子線による描画が用いられるようになってきている。ところが、解像力の高い荷電粒子線においても、パターンが微細化してくると、大きな図形の接近している部分の間隙の幅がさらに狭く形成されるというような現象が現われ、微細パターン形成上の問題になっている。この現象は、荷電粒子線による微細パターン描画の最大の課題であり、一般に近接効果として知られている。この現象の原因は、照射された荷電粒子が感光剤（以後、レジストと言う）を通過して半導体基板中に入り、基板中で散乱された荷電粒子の一部が再びレジスト面に戻って感光させることにある。この再感光の効果は広範囲にぼけた荷電粒子線パターンを再び薄く照射したのと等価であり、パターン密集部分の露光が結果として過剰露光になるため、前述のように間隙の幅が変わってしまう現象として現われる。

【0003】従来、この近接効果に影響を少なくするために、描画すべきパターンに対する工夫が様々に行われている。その第1の方法は、描画パターンの近接効果による変形を予め計算し、それを補償する変形を描画パターンの方に前もってかけておくことである。すなわち、前述のように狭い間隙は近接効果によってさらに狭くなるので、描画パターンデータの方で予め狭い間隙部分を捜し、狭い間隙部分を広げるよう両側の図形の幅を適切な寸法だけ細くするようにする。このようにすれば、近接効果によって狭い間隙がさらに狭くなっても、所望の寸法が形成できる。第2の方法は、近接効果を補償するように描画時の露光量を変える方法である。前述のように、近接効果はぼけた描画パターンが再露光されて生じるので、ぼけを補償するようパターンの変化部分を強調して描画するようにすれば、ぼけの効果、所望の露光が為されたと同じようなパターンを形成することが出来る。具体的には、例えば、各図形の輪郭部分だけを分解して切り出し、輪郭部分は中央部分に比べて長い時間露光するようにする。このようにすると、露光パターンの高周波成分を強調したパターンが描画されたことになり、ぼけによる低周波成分強調の効果を打ち消して、ある程度近接効果の影響の少ない露光を行うことが出来る。

【0004】また、第3の方法として、単位面積あたりの露光面積比率によって粒子線の照射量を変える方法もある。近接効果は、過剰露光がその原因なので、描画面

積比率の高いところでは照射時間を短くし、描画面積比率が低いところでは照射時間を長くするようにすると、同様な補正効果が得られる。露光面積比率によって露光時間を変える考え方は、既に、特公昭58-32420、59-139625、61-284921にも述べられており、近効効果補正に効果のあることが知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近効効果は、以上のように、図形処理によって原理的には解決可能である。しかし、近年の高密度集積回路の描画パターン数は合計で数百万図形を越える膨大な量になっており、そのために、これらの図形処理は、超大型計算機をもってしても、1つの回路パターンの計算だけで数十時間から数百時間以上かかる膨大なものになっていた。しかも、この計算時間は、パターンの集積度が上がれば上がるほど急激に増える状況にあり、現実的な意味においてその実施が困難になっていた。

【0006】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、描画パターンの集積度が増大したとしても、実際の描画に先立つ僅か数分程度の予備的な処理を付加するだけで、実際に描画する実時間で近接効果補正を行って極微細パターンの描画を高速で実現できるようにした荷電粒子線描画方法およびその装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、描画するに先立って、基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を部分領域内の描画図形に基づいて計算して記憶手段に記憶させる露光量計算工程と、描画する際、前記露光量計算工程において記憶された記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で成形荷電粒子線ビームを照射する露光時間について近接効果補正を行って描画図形を描画する描画工程とを有することを特徴とする荷電粒子線描画方法である。

【0008】また、本発明は、描画するに先立って、入力された圧縮された描画パターンデータを基本描画図形データに復元し、該復元された基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を部分領域内の描画図形に基づいて計算して記憶手段に記憶させる露光量計算工程と、描画する際、前記露光量計算工程において記憶された記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で成形荷電粒子線ビームを照射する露光時間について近接効果補正を行って描画図形を描画する描画工程とを有することを特徴とする荷電粒子線描画方法である。

【0009】また、本発明は、描画するに先立って、基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を部分領域内の描画図形に基づいて計算して記憶手段に記憶させる露光量計算手段と、描画する際、前記露光量計算手段の記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で成形荷電粒子線ビームを照射する露光時間について近接効果補正を行って描画図形を描画する制御部を含む荷電粒子線描画光学系とを備えたことを特徴とする荷電粒子線描画装置である。

【0010】また、本発明は、描画するに先立って、入力された圧縮された描画パターンデータを基本描画図形データに復元し、該復元された基本描画図形データから得られる描画すべき図形パターンに対して複数の部分領域に分割し、該分割された各部分領域についての露光量を部分領域内の描画図形に基づいて計算して記憶手段に記憶させる露光量計算手段と、描画する際、前記露光量計算手段の記憶手段から読みだされた描画図形に対応する部分領域についての露光量を参照して実時間で成形荷電粒子線ビームを照射する露光時間について近接効果補正を行って描画図形を描画する制御部を含む荷電粒子線描画光学系とを備えたことを特徴とする荷電粒子線描画装置である。

【0011】また、本発明は、荷電粒子線描画光学系の制御回路に描画実時間で近接効果補正のための回路を付加し、更に計算回路（露光量計算手段）によって僅か数分間の予備的な処理（空描画処理）を行うことによって、集積度が増大しない前とほとんど等価な近接効果補正処理を実現する。そのために、まず、描画すべき試料面を複数の部分領域に分割し、各部分領域ごとの露光量を算出する回路（露光量計算手段）を付加する。この計算回路は、実際の描画に先立って予め描画制御回路だけを動かしながら（空描画しながら）、描画図形を示す荷電粒子線の形状を制御する信号によって1度に露光（描画）する荷電粒子線の断面積を計算し、その断面積を各部分領域ごとに累積加算するようにする。特に、可変成形型描画装置においては、全ての図形は重なるの無い小さな矩形図形に分解されて露光されるので、その粒子線の断面積はただ単に縦幅と横幅を掛けるだけでよく、実現は容易である。

【0012】また、本発明に係る描画装置は複雑な図形を超高速度で分解し、描画する専用回路を内蔵しているので、この計算に要する実際の時間を数秒から数十秒程度に収めることができる。このように描画されるパターンが高集積化されたとしても、実際の描画に先立つ、僅か数分間の予備的な処理（空描画処理）を行うだけで、実際に描画する際、実時間で近接効果補正を行って極微細パターンの描画を高速で実現することができる。

【0013】また、各部分領域ごとの露光量が計算され

たら、各部分領域の数値を近接効果の及ぶ範囲の他の部分領域の数値と平均化するなどして平滑化し、マクロ的に変化する露光量をその部分領域の数値とするように修正する。このようにすると、修正された露光量の数値は、基板からの散乱によって露光されるぼけた描画パターンの傾向を反映することになる。

【0014】実際に描画する時点では、描画図形ごとに描画制御回路からその位置を読みだしてその図形が含まれる部分領域を検知し、その部分領域の数値（露光量）が大きいところでは照射時間を少なくするように制御する。このようにすれば、散乱による過剰露光の効果が相殺でき、近接効果による図形の形状変化を補償することができる。またこの時、ただ単に描画すべき図形の属する部分領域の数値を読みだすのではなく、隣接部分領域の数値も併せて読みだし、線形補間によって図形的位置に対応する数値をより精密に計算するようにすることができる。このようにすれば、さらにきめの細かい近接効果補正が可能になる。

【0015】以上に述べた各部分領域の露光量の計算は、新しい描画パターンデータが設定されたときに1回だけ行えば良い。その値を描画パターンデータの付属データとして記憶する手段を持たせると同じパターンの描画には何度でも呼び出して使用することができる。また、この処理は描画装置の制御回路にとっては、前述のごとくただか数分程度の処理である。したがって、本発明を実施すれば、描画装置で数分の予備処理をするだけで、前述の大型計算機による数十から数百時間の近接効果補正計算を省略することができ、実用的な価値は極めて高い。

【0016】

【実施例】図1に可変成型型荷電粒子線描画装置の全体構成を示す。制御用計算機1の補助記憶装置2から入力された描画パターンデータ3は、一旦高速のバッファメモリ4に記憶され、描画時に高速に読みだされる。読みだされたパターンデータは通常多くのデータ圧縮処理を行われたデータであるので、まず、その圧縮データを復元回路5で一つ一つの独立した基本図形データへと復元する。次に、その基本図形を図形分解回路6において1回で露光可能な特定寸法以下の矩形データの集まりに分解する。この図形分解回路6からの出力は、粒子線照射時間を示す信号T、矩形図形の縦横寸法（H，W）、位置座標（X，Y）からなっている。従来の描画装置では、照射時間Tは直接照射時間生成回路7に入力されて粒子線の照射／非照射タイミング信号8に変換され、縦横寸法（H，W）は直接DA変換器9に入力されて粒子線断面形成用のアナログ偏向信号10に変換され、さらに位置座標（X，Y）は直接DA変換器11に入力されて位置偏向用のアナログ信号12に変換され、それぞれ、荷電粒子線の鏡体部13の描画の制御に用いられていた。

【0017】すなわち、可変成型型荷電粒子線描画装置の描画制御回路は、1つの矩形図形を露光するたびに、矩形図形的位置（X，Y）、矩形図形の縦、横幅（W，H）、さらに荷電粒子を照射する時間Tをその制御データとして出力するように構成されている。本発明では、図形分解回路6の後段に、図のように近接効果補正回路14を新たに付加することによって、前述の露光量の計算処理、および照射時間の変更処理を行う。次に、この近接効果補正回路14の処理内容についてより詳細に説明する。

【0018】図2は近接効果補正回路14の実施例を示したものである。説明を判り易くするために、位置座標X，Yは0～1023の値をとるものと仮定する。すなわち、X，Yは各々12ビットであるとする。いま、図のようにYの上位4ビットを上位とし、Xの上位4ビットを下位とする8ビットの数値21を選択回路22を介して記憶回路23の番地入力すると、Yが0～63でXが0～63の部分領域は記憶回路23の0番地に対応し、Yが0～63でXが64～127の部分領域は1番地に対応するというように、64×64毎に区切られた各部分領域が記憶回路23の1つの番地に対応するようになる。そこで、露光すべき矩形データの1つ1つについて、X，Y座標を図のように記憶回路の番地とし、乗算器24によって計算されたW×Hの値25を、その番地の読みだされた内容27に加算器26で加算し、選択回路28を介して再び記憶回路23に書き込むようにしておくと、全露光データの露光が終了した時点では、記憶回路23中に各部分領域ごとの図形面積の総和が記憶されることになる。ただし、露光に先立って、記憶回路23の内容は全て“0”が書き込まれているものとする。厳密に言えば、矩形データが複数の部分領域にまたがることもあるので、この方法で精密に計算できるわけではないが、通常、露光される矩形の寸法が部分領域の寸法に比べて十分に小さいので、その差は無視できる。

【0019】このようにして記憶回路23の内部に領域単位の露光面積が計算できたら、次には、各部分領域の計算数値をその近傍の部分領域の数値を用いて平滑化し、マクロな露光量分布を計算する。その1つの具体的な方法は、各部分領域の数値をその部分領域を中心とする5×5個の部分領域の数値の加算平均値で置き換えることである。この場合、パターン領域から外れる外部の部分領域は、露光量が0であるとして計算する。このような計算は、単に記憶回路23の内容を読みだして平均し、再び書き込むだけであるから、記憶回路に通常の計算回路29を付加するだけで、十分に実施可能である。すなわち、計算回路29より所望の部分領域に対応するアドレス信号30を選択回路22を介して記憶回路23に入力し、その時の記憶回路の出力27を用いて平滑化計算を行い、その結果31を選択回路28を介して記憶回路に再び書き込むことで実現できる。もちろん、専用

の計算回路を付加せずに、描画装置の制御用計算機に記憶回路の内容を読み込み、計算後にその結果を再び記憶回路に書き込むようにしても良い。

【0020】実際の描画時には、矩形データの位置座標によって、対応する部分領域の修正された露光量が記憶回路23から読み出せるので、その信号27を変換回路32によって補正係数34に変換し、矩形データの付属情報である照射時間Tに乗算器33でこの補正係数34を掛け、新しい照射時間データT'とする。本実施例では照射時間の変換に乗算器33を用いているが、照射時間の標準値が既知の場合には、加減算によって変換しても等価である。変換回路32は、予め適切な値を計算して記憶させておいた読みだし専用回路で構成することもできるし、その都度外部から変換値を書き込むことのできる記憶回路で構成し、記憶回路23の出力信号27をアドレスとしてその内容を読み出すようにしても良い。この変換回路32では、露光量の大きいところでは小さい補正係数を出力するようにし、露光量の少ないところでは大きな補正係数を出力するようにする。このようにすれば、パターン密度が大きく露光量の多いところでは自然に照射時間の少ない露光を行うことになり、前述のような近接効果は大幅に小さくすることができる。

【0021】また、露光量の変化を滑らかにするために、各部分領域の値をその領域の中心位置の値と考え、各図形位置の露光量の値27をその周辺の部分領域の露光量の値から線形補間で求めることもできる。このようにすれば、近接効果の補正がさらにきめ細かく実施できることになる。この場合でも、回路は前述の実施例よりも複雑になるが、通常の回路技術で容易に実施できる。

【0022】次に本発明の効果を図3によって具体的に説明する。図3の(イ)は描画すべき図形パターンである。描画図形は、このように左側に細い縦長の図形が1つあり、中央から右側にかけて同じ図形が5本あるものとする。いま、これを描画したときの荷電粒子線の露光量を $a-a'$ の断面で図示すると、もし基板内面からの散乱による再露光が無ければ、一様な露光をしただけで、(ロ)に示すように粒子線のぼけの範囲で理想的に露光されることになる。したがって、露光レベルθで現像すれば、図形を所定の形状に形成することが出来るはずである。しかし、現実には基板内面からの散乱による再露光があるので、(ハ)に示すように露光面積の大きいところで過剰露光が起こることになる。この場合、露光レベルθで現像すると、(ニ)のようにぼけた図形が形成されることになり、もはや微細な図形の形成は困難になる。これが近接効果と呼ばれる現象である。本発明では、この近接効果を補正するために、まず、描画領域を部分領域に分割し、各部分領域内の露光面積を計算してそれを平滑化する。これにより、(ホ)のようにおおまかな露光量の波形を得ることができる。そこで、この

波形の大きいところでは露光量を少なくし、波形の小さいところでは露光量を多くして露光するようにすると、実際の露光量として(ヘ)のような波形が得られる。露光量が(ヘ)のようになれば、露光レベルθで現像したときに、ほぼ所定の線幅の図形パターンを形成することが出来る。このように、本発明を実施すれば、近接効果の影響を少なくして、所定の微細図形を形成することが可能になる。

【0023】なお、本実施例においては、矩形断面だけを持つ可変成形型の荷電粒子線描画装置だけを取り上げたが、3角、L字形など任意の多角形の断面を持つ荷電粒子線であっても、描画装置にはその形状を制御する数値信号が必ず含まれているので計算回路によってその断面積を計算することが可能であり、本発明を容易に実施することが出来る。可変成形のためのアパーチャとして特定回路パターン形状のものを選択し、そのパターンを繰返し露光することのできる機能を持った描画装置であっても、特定パターンの露光面積は予めわかっているもので、その面積をパラメータとして持ち、累積加算するようにすることで、やはり本発明を適用することが出来る。

【0024】また、点あるいは成形された断面を持つ粒子線を試料面上で走査して露光する描画装置であっても、走査距離を区切って考えれば、それを等価な露光断面積を計算することは可能であり、本発明を適用することが出来る。ただし、この場合には、露光量の調整は露光面積によって粒子線断面積を変更するか走査速度を変更することになる。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、超LSI等のように描画されるパターンが高集積化されたとしても、実際の描画に先立つ、僅か数分間の予備的な処理(空描画処理)を行うだけで、実際に描画する際、実時間で近接効果補正を行って極微細パターンに対する荷電粒子線描画を高速度で実現することができ、その結果超LSI等の高密度集積回路を直接描画することができる。

【0026】また、本発明によれば、超LSI等のように描画されるパターンが高集積化されたとしても、実際の描画に先立つ、僅か数分間の予備的な処理(空描画処理)を行うだけで、従来、大型計算機で数十から数百時間以上必要とした近接効果補正のための図形処理計算を省略することができる。図形処理の計算時間の膨大さが、従来から高密度集積回路の製造の大きな障害になっていたので、本発明によって超LSIの製造が容易になる。

【0027】また、本発明によれば、露光量の補正は微小な矩形データ単位になるので近接効果補正の質も格段に向上し、従来の手法に比べてその分だけ微細なパターンの露光が可能になる。

【0028】以上述べたことにより、超LSI製造にか

かわる本発明の経済効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る荷電粒子線描画装置の全体構成図。

【図2】本発明の近接効果補正を実現する付加回路の構成図。

【図3】本発明の近接効果補正処理の効果を説明する説明図。

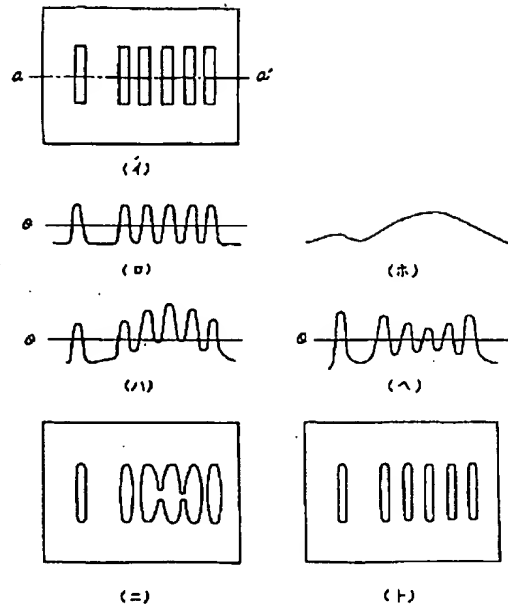
【符号の説明】

1…制御用計算機、2…補助記憶装置、3…描画パターンデータ、4…バッファメモリ、5…復元回路、6…

図形分解回路、7…照射時間生成回路、8…照射／非照射タイミング信号、9…D/A変換器、10…アナログ偏向信号、11…D/A変換器、12…位置偏向用アナログ信号、13…荷電粒子線の鏡体部、(X, Y)…矩形図形の位置座標、(W, H)…矩形図形の縦、横寸法、T…荷電粒子を照射する時間、14…近接効果補正回路、22…選択回路、23…記憶回路、24…乗算器、25… $W \times H$ の値、26…加算器、28…選択回路、29…計算回路、30…アドレス信号、32…変換回路、34…補正係数、33…乗算器、 $T'$ …新しい照射時間データ。

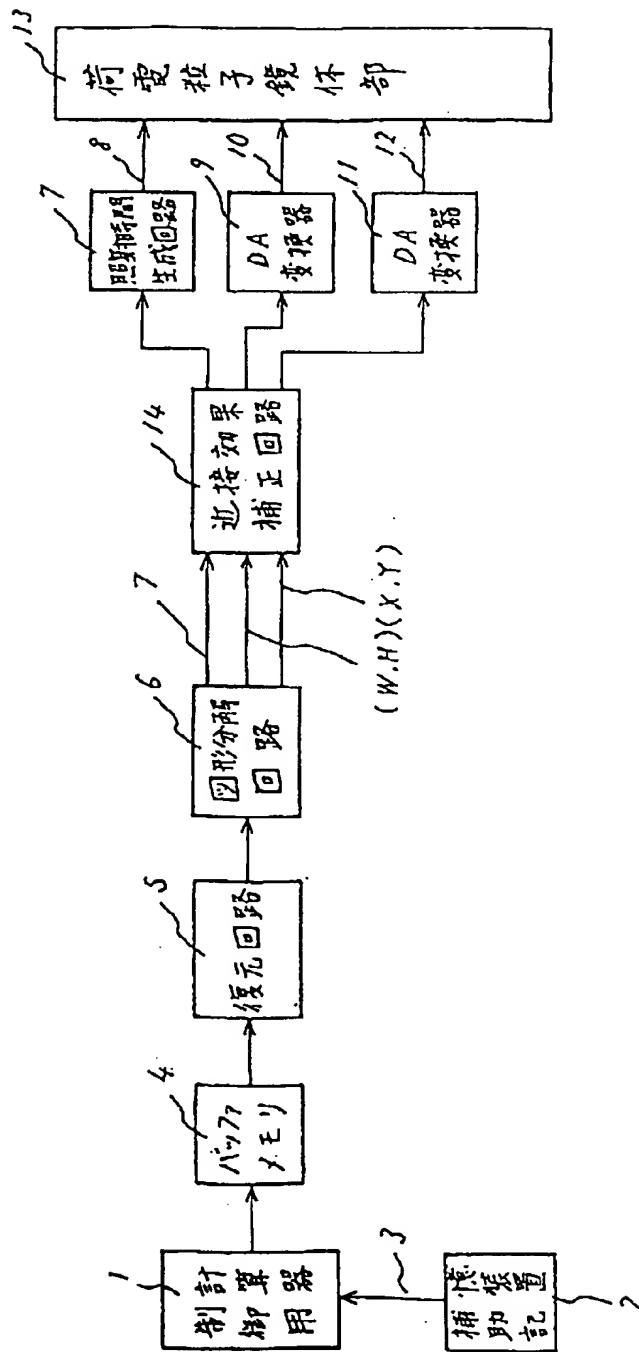
【図3】

図3



【図 1】

図 1





【図 2】

図 2

